心理科学进展 2018, Vol. 26, No. 1, 134–143
Advances in Psychological Science DOI: 10.3724/SP.J.1042.2018.00134

自我控制失败的理论模型与神经基础*

董 军[1] 付淑英[1] 卢 山[1] 杨绍峰[1] 齐春辉[2]
([1]教育部人文社会科学重点研究基地天津师范大学心理与行为研究院, 天津 300074)
([2]衢州中等专业学校, 衢州 324000)

摘 要 自我控制指那些帮助人们克服思想和情绪，进而依据实际情况调整自我行为的心理加工。虽然良好的自我控制对个体的成功与幸福非常重要，但自我控制失败仍然是整个人类社会的核心问题。借助于序列任务范式，研究者揭示了自我控制失败的认知机制并建构了多种理论，包括能量模型、加工模型、中央管理器模型和前额叶−皮层下脑区的平衡模型。相关脑成像研究主要聚焦于额下回、杏仁核、眶额叶皮质等脑区。未来研究应侧重不同理论之间的融合与补充，强化自我控制失败潜在神经机制的探索，并推动自我控制与社会决策行为的关系研究。

关键词 自我控制失败；理论模型；神经基础。
分类号 B848; B845

人类社会总是充满着各种利益诱惑，个体在现实情境下追求自己理想与人生目标时必须抵制外部诱惑并避免冲动行为。自我控制(self-control)是一种人类所专属的心理特质，往往指人们自主性地调控自身不合理的想法、情感及行动，并使其与个人价值和社会期望相一致的能力(高科，李琼，黄希庭，2012; 李琼，黄希庭，2012)。虽然自我控制对个体的成功与幸福非常重要，但是自我控制失败仍然是整个人类社会的核心问题，从犯罪到肥胖，从个人债务到药物滥用，涉及到多种社会现象。因此，自我控制失败的心理机制研究获得了很多学者的关注(谭树华，许燕，王芳，宋婧, 2012; Baumeister, Vohs, & Tice, 2007)。有研究者认为，自我控制失败的诱发原因包括自我控制资源的匮乏(Baumeister et al., 2007)、消极情绪(Heatherton & Wagner, 2011)、诱惑线索激活(Rooke, Hine, & Thorsteinsson, 2008)等，其中描述自我控制资源匮乏的自我损耗效应(ego depletion effect，指重复努力后自我控制执行能力减弱的现象)则获得了大量研究者的认同与关注(黎建斌，聂衍刚，曾敏霞，窦凯，2012)。近 20 年来，研究者大多从有限认知资源视角来理解自我控制失败的潜在运作模式，认为自我损耗状态是诱发或驱动自我控制失败的最关键因素，并提出了不同的理论模型来阐明自我控制失败的发生机制(Baumeister, Bratslavsky, Muraven, & Tice, 1998; Evans, Boggero, & Segerstrom, 2015; Heatherton & Wagner, 2011; Inzlicht & Schmeichel, 2012)。本文将着重陈述自我控制失败的不同理论模型及其优劣，并详尽梳理自我控制失败的神经基础，最后对未来研究的发展方向进行展望。

1 自我控制失败的理论模型

自我控制研究的核心问题在于解释自我控制失败的内在发生机制。目前，研究者先后提出 4 种理论来解释自我控制失败现象，即能量模型、加工模型、中央管理器模型和前额叶−皮层下脑区的平衡模型。

1.1 能量模型

能量模型(strength model of self -control)是研究者最早提出的理论模型(Baumeister et al., 2007)，源于心理学研究中有限资源的隐喻说法(窦泽南，方圆，周伟，乔志宏, 2017)。其核心观点主要包含四方面内容：首先，自我控制的运转依附于一种

收稿日期：2017-03-02
* 天津市哲学社会科学规划项目(TJJX16-014)。
通信作者：齐春辉, E-mail: qchizz@126.com

心理上有限容量的内部能量或资源，所有自我控制行为的运作与执行(诸如反应抑制、冲动行为、社会决策等)都会消耗该内部能量的可用额度。其次，个体可使用资源的上限额度会对自我控制的成败起着直接主导作用，自我控制能量的缺损情景被研究者定义为“自我损耗”，在这种情境下自我控制行为无法很好地进行运作与执行。再次，这种自我控制资源能量的缺损是暂时的和可恢复的，人们能够通过短时休息、补充血糖等途径来恢复已经消耗的资源。最后，自我控制能量的运作机制类似于肌肉，个体可以通过长期有序的逐步训练来提升自我控制资源的上限额度(于斌，刘惠军，乐国安，2016)。

自我损耗是以有限的自我控制资源为基石的，因此研究者往往从资源损耗的最终状态或过程角度来理解自我损耗现象。比如，Baumeister 等(1998)认为，自我损耗是指个体由于自控资源缺损造成的自我控制或意愿下降的状态。又如，有研究者认为，自我损耗是一种消耗自我控制资源的过程，有多项元分析研究将其描述为“……就像肌肉经过长时间劳动后变得疲劳，自我控制资源经过一段时间的损耗后会被耗竭” (Carter, Kofler, Forster, & McCullough, 2015; Hagger, Wood, Stiff, & Chatzisarantis, 2010)。虽然，研究者对自我损耗的理解存在分歧，但主流观点仍然强调自我损耗是对有限自我控制资源的消耗，且这种消耗会对个体随后的心理与行为活动产生影响(Evans et al., 2015)。考察自我损耗的实验范式主要是序列任务实验范式(sequential-task paradigm) (董蕊，张力为，彭凯平，喻丰，柴方圆，2013)。序列任务范式往往要求受测者完成两种表面上看似无关的自我控制作业(作业 A 与作业 B)，并考察前面作业对随后作业绩效的影响。序列任务范式的理论基础是自我控制的能量模型，该理论假设自我控制依赖于一种总量有限的内部资源，且该资源总量的损耗必然会降低个体的自我控制执行。

作为最早发展的理论，能量模型具备多种方面的优势。第一，能量模型指引研究者探讨自我控制这一完全被忽视的领域，并提供了一种组织结构良好的理论框架来解释自我控制的多种特性(Inzlicht & Schmeichel, 2012)。自我控制资源契合传统心理学思想中的“资源”隐喻，概念简单，易于理解，有助于推动自我控制的相关研究。第二，能量模型能够有效地解释自我损耗现象及其发生机制，目前超过 100 项研究均支持自我控制是基于有限资源的观点(Hagger et al., 2010)。然而，现有研究亦对该理论观点提出了诸多质疑。一方面，大多数实验并没有直接观测到资源损耗。直接测量假定资源的研究最主要聚焦于葡萄糖，发现参与某种动机性需求任务会导致血糖含量的降低，进而调节自我控制资源的减少(Gailliot et al., 2007)。这些发现似乎支持了能量模型，但是目前仍缺乏更直接有效的证据，表明存在这种有限资源(Vadillo, Gold, & Osman, 2016)。另一方面，该理论忽视了动机、信念等主观因素的影响。有研究表明，任务动机的增加、活力知觉或者“自我控制是无限”的观念均能够减小自我损耗效应(Baumeister & Vohs, 2016; Job, Walton, Bernecker, & Dweck, 2013)。例如，Job 等(Job et al., 2013)发现，个体关于资源是否有限的信念能够调节自我损耗效应，表明仅仅是关于意志是无限的信念就可以抵消自我损耗效应。

1.2　加工模型

自我控制损耗的加工模型(the process model of self-control depletion)侧重于从动机转换角度来理解并阐明自我损耗效应的发生机制，是由学者 Inzlicht 和 Schmeichel 建构的理论观点(Inzlicht & Schmeichel, 2012; Inzlicht, Schmeichel, & Macrae, 2014)。该理论最初认为，自我损耗现象并不是由于自我控制资源的消耗引起的，而是由于任务特性从“必须”的劳作目标向“想要”的休闲目标的动机转换失衡导致的，强调任务优先权的动机转换才是导致自我损耗效应的根本原因(Inzlicht & Schmeichel, 2012)。随后，研究者对该理论进一步细化与丰富，强调动机转换过程存在宏观、中观和微观三种水平(Inzlicht et al., 2014)。在宏观水平上，寻求“勘探、休闲和想要目标”动机与寻求“开发、劳作和必须目标”动机之间的平衡意愿源自于驱动有机体对开发某种已知与勘探潜在新资源权衡的进化压力，阐述了为什么存在明显的自我控制限制；在中观水平上，上述开发已有资源与勘探潜在新资源的适应性功能转换为个体提供了一种寻求外部奖赏劳作与先天奖励性休闲意愿之间平衡的自然倾向，描述了抽象的进化功能向近端认知操纵转换的中介过程；在微观水平上，初始的控制行为导致个体动机从“必须目标”转换为

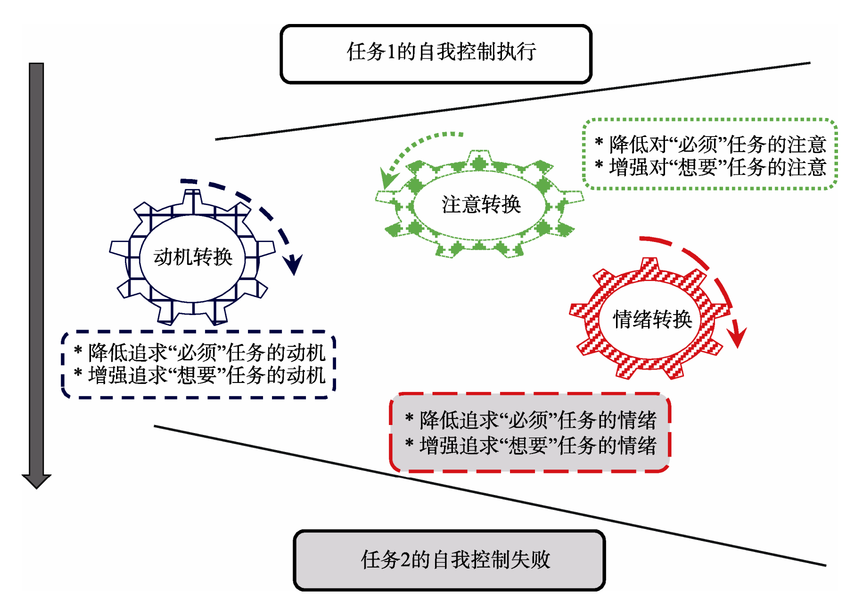


图 1 加工模型(修改自 Inzlicht, Schmeichel, & Macrae, 2014)

“想要目标”，聚焦于导致这种效应的认知加工与情绪加工过程(见图 1)。换言之，之前已付诸的认知努力行动实际上促使个体更加喜爱那些令其舒适或惬意的行为，而更不喜欢那些尚需再次消耗能量来完成的、与某种责任目标相一致的作业(Inzlicht et al., 2014)。

加工模型是在批评能量模型基础上发展出来的，其理论优势体现为两个方面。其一，从动机转化角度思考自我损耗现象，更在意前后执行自我控制任务过程中个体行为动机的特性、转化等因素。强调动机作用的机制使得该模型能够解释能量模型无法适用的研究结果，如，增强的任务动机或“自我控制是无限”的观念对自我损耗现象的减小效应。其二，该模型最值得称道之处在于提出了从多分析水平上理解自我损耗现象，即宏观水平侧重阐述自我控制有限性的缘由，微观水平突出揭示导致这种效应的认知与情绪加工过程，而中观水平则强调了宏观抽象的进化功能向微观认知操纵转换的过程。但是，加工模型也存在一些不足之处。第一，单独强调动机/信念的作用，忽视了认知机制的作用。有研究者认为，认知模型需要纳入一个与动机转换机制相平行的认知适应机制，两者存在彼此竞争关系；良好的认知适应能够逐渐降低动机转换的作用，进而帮助个体在缺乏额外动机因素时克服自我控制损耗效应(Dang, Xiao, & Dewitte, 2014)。第二，Inzlicht 及其同事已经从宏观、中观和微观三种层次水平上解释了自我损耗效应的发生机制，但三种水平之间的具体作用模式尚未进行清晰的描述。例如，研究者已经提出了开发/勘探之间的权衡可以转换为劳作/休闲之间的权衡，但是对新资源的勘探并不等同于休闲的形式，因此多水平间的作用方式与路径仍需检验。

1.3 中央处理器模型

虽然个体对任务的动机能够调节自我损耗效应的产生及效应大小，但纯粹动机性的自我控制失败理论也只能解释一部分研究结果，因此有研究者提出中央处理器模型(central governor model)，试图将动机转换和认知加工等因素结合起来，以期更全面有效的解释已有研究结果(Evans et al., 2015)。中央处理器模型是一种将能量供应、动机和认知信息均考虑在内的理论模型，该模型认为存在一种能够接收当前任务所需能量、生理状态及各种动机与认知信息的中枢神经系统(即中央处理器)，并凭借中央处理器的反馈信息来调节个体在行为活动中的自我控制行为，防止个体过度损耗能量进而破坏机体的内部平衡(Evans et al., 2015) (见图 2)。虽然中央处理器会事先设定努力程度阈限来保护机体的内部平衡，即努力程度超过事先阈限后会导致自我损耗效应，但这种阈限标准并非一成不变的，它会随着个体的认知程度及动机强度进行调节。例如，潜意识中露出笑脸

能够促进人们放松身体的倾向性(Blanchfield, Hardy, & Marcora, 2014), 而应急情境下个体会为了救车祸中的伤员抬起重达 3000 磅的货车, 这些在极端情况下认知与动机能够消除中央处理器限定标准的现象被称为“歇斯底里的力量”。

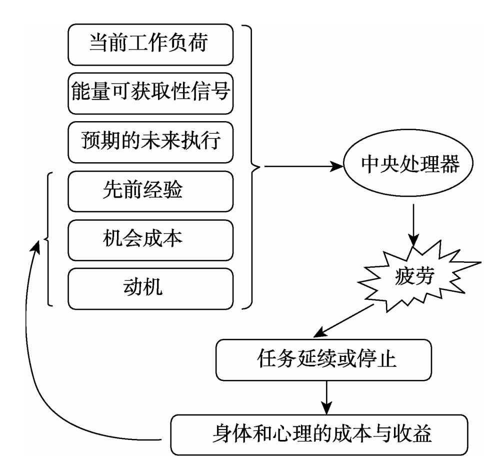


图 2　中央处理器模型(修改自 Evans et al., 2015)

中央处理器模型是一种观念模型, 其令人振奋之处在于融合了认知、动机等多种因素, 并突出强调中央处理器在维持躯体/心理稳态机制所起的调节作用, 有助于研究者理解特定生理基础、心理加工及两者交互在自我控制失败当中的贡献。然而, 有研究者认为该理论并不适合心理学研究(Inzlicht & Marcora, 2016)。首先, 执行任务过程中躯体/心理平衡的维持提供了一种比较完善的解释, 但这种体内平衡的核心观点却极易受到动机价值变化的影响, 中央处理器模型无法度量并解释认知努力威胁机体内部平衡的具体程度。如果一种温和刺激(如阈下呈现的微笑面孔)都能够改变人们放松身体努力的倾向性(Blanchfield et al., 2014), 那么何种程度的心理努力能够威胁到体内平衡, 进而诱发躯体伤害呢? 如果躯体平衡如此重要, 它怎么会轻易被推翻? 其次, 尽管中央处理器会依据多种输入刺激来维持或调节内部平衡状态, 但是尚未有证据表明心理努力(如思维)会消耗能量的总量(Kurzban, 2010), 因此, 中央处理器能否以及如何依据可获取能量来调节躯体/心理努力的机制尚存在争议, 仍需实证研究进行探索。

1.4　前额叶−皮层下脑区的平衡模型

心理学研究中存在一种长久的观点, 即抵制欲望反映了冲动动机与自我控制之间的竞争(Hofmann, Friese, & Strack, 2009; 冯缙, 2013)。新近脑成像研究也为双系统模型提供了数据支持, 发现大脑内存在前额叶−皮层下脑区的功能联结与互动活动(Feng, Luo, & Krueger, 2015; Phelp, Lempert, & Sokol-Hessner, 2014)。Heatherton 和 Wagner (2011)通过整理分析成瘾者、脑损伤患者和健康被试的大量研究, 提出了解释自我控制失败的前额叶−皮层下脑区的平衡模型(prefrontal-subcortical balance model of self-regulation)。图 3 描述了自我控制及其失败的前额叶−皮层下脑区的平衡模型示意图, 突出强调了三种自我控制的潜在威胁(即线索暴露、负性情绪和酒精摄入)及其

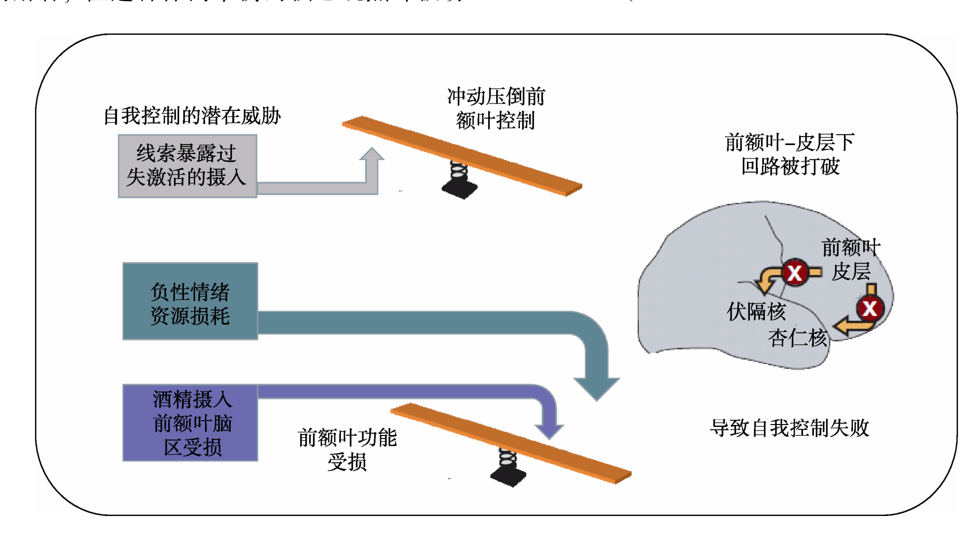


图 3　前额叶−皮层下脑区的平衡模型(修改自 Heatherton & Wagner, 2011)

对相应脑区的假定调节模式。该模型认为负责奖励与情绪加工的皮层下脑区在认知-控制系统中占优势地位是导致自我控制失败的核心原因，这种优势可以通过自上而下的控制路径或者自下而上的冲动路径来实现。一方面，当人们面临某些特定的强烈线索(诸如喜爱的食物、免费饮料或者负性情绪)时，这种自下而上的冲动动机会增强皮层下脑区功能的相对优势，进而导致自我控制失败。另一方面，当自我控制资源由于摄入酒精或毒品、额叶受损或者执行其他任务而处于损耗状态时，这种自上而下的认知控制损耗会降低前额叶功能的相对优势，进而导致自我控制失败(Berkman & Miller-Ziegler, 2012)。

作为一种大脑模型，前额叶-皮层下脑区的平衡模型是对传统控制-冲动双系统理论的传承，同时以大量的脑损伤、成瘾者研究的数据基础，能够比较清晰的描述自我控制失败的神经发生机制。然而，该理论同样存在一些不足之处。一方面，平衡模型实际上认同了能量模型所假定的有限资源观点，而尚未纳入动机、信念等主观因素的影响。在自上而下的控制路径上，该理论仍然强调有限自我控制资源的损耗是降低前额叶控制功能的重要原因，而在自下而上的冲动路径上，仅突出了外部线索刺激的启动作用，而忽视了不同任务间动机转换、情绪转换和注意转换的影响，因而无法解释新近发现的部分研究结果。另一方面，该理论的构建基础以成瘾者和脑损伤患者居多，较少涉及健康成人在诸多自我控制领域的研究，其普遍适用性尚需检验。

2 自我控制失败的神经生理基础

随着认知神经科学的兴起与脑成像技术的应用，研究者开始探究自我控制失败的认知神经机制，并发现自我控制失败主要涉及额下回、杏仁核和眶额叶皮质等脑区。

2.1 额下回

额下回(inferior frontal gyrus, IFG)主要参与抑制控制加工，执行控制任务或自我损耗操作往往会削弱额下回的功能与激活程度，进而导致自我控制失败(Friese, Binder, Luechinger, Boesiger, & Rasch, 2013; Luethi et al., 2016)。Friese 及其同事采用功能性磁共振成像技术(functional-Magnetic Resonance Imaging, fMRI)探究自我控制损耗对未来控制加工的影响机制，发现自我损耗可能会导致执行控制任务中额下回(inferior frontal gyrus, IFG)激活的减弱(Friese et al., 2013)。Luethi 及其同事采用组间设计，要求被试在有/无金钱奖励动机条件下完成序列任务范式，实验结果发现，金钱奖励动机能够抵消自我损耗效应，而脑成像数据发现执行控制会降低左侧额下回的激活，但金钱驱动组被试却存在更强的左侧额下回激活(Luethi et al., 2016)。另外，脑成像研究也发现了 IFG 激活程度能够显著正性预测实际生活中个体的自我控制成功行为(Lopez, Hofmann, Wagner, Kelley, & Heatherton, 2014; Lopez, Milyavskaya, Hofmann, & Heatherton, 2016)。Lopez 及其同事(2014)发现，标准 go/no-go 任务中左侧额下回增强的激活程度能够预测个体成功抵制现实生活中饮食欲望的几率，表现为反应抑制任务中额下回激活更高的被试往往更不容易屈服于欲望，并摄入更少的食物。新近 Lopez 等(2016)发现那些在食物线索任务中表现出更低欲望强度，并体验到积极情绪的女性节食者往往存在更强的额下回激活，而且在现实生活中更善于控制自身饮食模式。

2.2 杏仁核

杏仁核(amygdala)主要涉及情绪加工，自我损耗操作往往会增强个体对情绪刺激的敏感性(Wagner & Heatherton, 2013)。Wagner 和 Heatherton (2013)首次采用 fMRI 技术检验了认知领域的资源消耗能否削弱情绪加工功能，结果发现自我损耗组被试对负性情境显示出更强的左侧杏仁核激活，且负性情境中左侧杏仁核与腹内侧前额叶皮层(ventromedial prefrontal cortex, vmPFC)之间的功能连接更弱。脑损伤研究也发现杏仁核受损会减少自下而上的冲动路径的相对权重，进而增强社会互动中的非理性决策行为(Scheele et al., 2012; van Honk, Eisenegger, Terburg, Stein, & Morgan, 2013)。有研究发现，杏仁核受损病人在资产分配公平情境中会接受更多的不公平提议(Scheele et al., 2012)，而在人际信任互动情境中则会表现出更多的信任行为(Koscik & Tranel, 2011; van Honk et al., 2013)。

2.3 眶额叶皮质

眶额叶皮质(orbitofrontal cortex, OFC)是一种参与奖赏加工的重要结构，自我控制研究认为 OFC 负责编码事件的即时奖励或欲望价值，OFC

激活强度越强烈越容易导致自我控制失败(Wagner et al., 2013)。Wagner 等人(2013)发现自我损耗状态下的节食者观看食物线索时存在更强的眶额叶皮质激活, 以及更弱的眶前额叶皮质与额下回的功能联结, 表明自我损耗可能通过降低认知控制脑区与编码奖励价值脑区的联结, 削弱个体抵制诱惑的能力从而诱发了自我控制失败。新近有研究发现, 左侧眶额叶皮质激活程度与受测者的体脂比有关(Rapuano, Huckins, Sargent, Heatherton, & Kelley, 2016)。具体而言, Rapuano 等人(2016)采用 fMRI 技术探究了肥胖青少年与健康体重青少年观看动态食物广告的神经活动差异, 发现食物广告会导致左侧眶额叶皮质和双侧伏隔核(nucleus accumbens, NAcc)的显著激活, 并且左侧眶额叶皮质的激活水平与受测者当时的体脂比存在显著正相关, 表明自我控制较差的肥胖者往往存在更强的眶额叶皮质活动水平。

2.4　其他脑区

除了上述三个关键性的脑区外, 研究者发现背外侧前额叶皮质(dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC)和伏隔核(NAcc)也参与到自我控制行为当中。背外侧前额叶皮质是另一个自我控制研究所聚焦的认知控制加工脑区。Figner 等人(2010)采用低频重复性经颅磁刺激(low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation, rTMS)暂时性抑制受测者左边侧前额叶皮层的功能, 发现这种操纵能够增加其在跨期选择任务中的冲动性选择, 首次证实了 LPFC 参与跨期决策中的自我控制加工。Friese 等人(2013)采用序列任务范式检验了自我控制损耗对随后控制过程神经机制的影响模式, 实验结果发现, 最初的情绪抑制行为会削弱随后个体在 Stroop 任务中的行为绩效。脑成像结果发现, DLPFC 在情绪抑制任务中存在明显增强的活动水平, 但在执行 Stroop 任务中却显现出相对降低的激活水平, 表明削弱的 DLPFC 激活水平可能是由先前自我控制执行任务所引起的, 并直接导致了随后任务绩效的降低。Emmerling 等人(2017)新近采用经颅直流电刺激(transcranial Direct Current Stimulation, tDCS)技术检验了 DLPFC 在序列任务范式所诱发的自我损耗效应中的因果作用, 发现 tDCS 暂时性提升被试右侧 DLPFC 激活功能可以明显减小自我损耗效应。

作为奖赏加工系统的一部分, 伏隔核也负责事件奖励价值的编码加工, 且越强烈的 NAcc 激活水平越容易诱发自我控制失败。一些脑成像研究发现了欲望刺激(如食物)所引起的 NAcc 激活程度可以导致更强的放纵欲望(Lopez et al., 2014), 能够显著预测实际生活中个体的食物摄入(Lawrence, Hinton, Parkinson, & Lawrence, 2012)、体重增加或性行为(Demos, Heatherton, & Kelley, 2012)。

3　研究展望

3.1　促进理论模型的融合与互补

社会心理学家和神经科学家从有限资源、动机转换、冲动−认知双系统等角度探讨自我控制失败现象, 提供了多种理论来阐明自我控制失败的内在发生机制。目前自我控制理论的核心焦点在于阐明“自我控制失败为什么及何时会产生”, 虽然不同理论对此问题的答复仍存在争论, 但彼此之间仍存在紧密的联系。作为自我损耗效应的源起理论, 能量模型契合了心理学思想中的“资源”隐喻, 从自我控制资源有限性的角度描述了自我损耗的发生机制, 强调有限自我控制资源的消耗是导致自我损耗效应的缘由, 却忽视了个体参与任务时动机转换的重要性(Baumeister et al., 2007)。随后, 作为对能量模型的批评与补充, 有部分学者尝试从动机转换角度来理解自我损耗效应并提出了加工模型, 强调任务特性从“必须”的劳作目标向“想要”的休闲目标的动机转换失衡是自我损耗效应发生的根本原因(Inzlicht & Schmeichel, 2012)。新近发展的中央处理器模型则是对上述两种理论的融合与发展, 强调人们存在一种负责协调当前任务所需能量、生理状态及各种动机与认知信息的中央处理器, 并借此调节所参与任务的自我控制(Evans et al., 2015)。相较而言, 平衡模型则是从冲动−认知双系统角度来理解自我控制失败的神经发生机制, 强调自我控制是由负责冲动控制的前额叶脑区与负责表征奖励价值、合意性和情绪效价的边缘系统的平衡所维系的。当冲动动机的强度超过抵制或调节冲动动机的自我控制时, 自我控制失败便会产生, 如额叶控制仍处于发展时期的青少年往往存在更多的自我控制失败现象(Somerville, Jones, & Casey, 2010)。简言之, 从能量模型到加工模型再到中央处理器模型实际上存在着一条层次递进的关系, 而平衡模型则平

行于三者，突出强调大脑内冲动–认知双系统的彼此权衡效用。

现有研究者已经从多种角度来解释自我控制失败现象，虽然彼此之间多有争议，但不同理论观点也存在彼此融合与互补的可能性，未来研究可尝试从以下两个方面推进相关研究。第一，能量模型与加工模型的分歧焦点在于动机与信念能否减小自我损耗效应。新近有研究者认为，未发现的或者减小的自我损耗效应可能源自于序列实验任务本身的局限性，主要表现为现有研究大多无法确切评估被试是否真实努力地完成第一个自我控制任务，并认为提高被试参与首个任务(作业A)的奖励刺激和持续时间能够解决上述问题(Lee, Chatzisarantis, & Hagger, 2016)。因此，未来研究可以尝试从提高序列任务有效性角度来澄清上述争议。第二，新近发展的奖励模型可以视为不同理论整合的一个雏形，值得大多数研究者参考与借鉴。该理论在承认有限资源的前提下，纳入了动机因素、劳作/休闲权衡等，认为自我控制分为由多巴胺神经系统(dopaminergic nervous system, DNS)控制的成本–收益评估过程和由前额叶脑区负责的认知控制过程两个成分，两者经由背侧前扣带回(dorsal anterior cingulate, dACC)整合并完成决策(窦泽南，方圆，周伟，乔志宏，2017)。

3.2 加速自我控制失败的神经机制研究

虽然有研究者目前尝试借助fMRI技术探究自我损耗的神经机制(Berkman & Miller-Ziegler, 2012)，但相关脑成像研究尚处于初始与探索阶段，且不同理论模型均获得一定脑成像数据的支持，进而在一定程度上印证并加剧了不同理论彼此间的分歧与争议。例如，Luethi等要求被试在有/无金钱奖励动机条件下完成序列任务范式，发现金钱奖励动机能够抵消自我损耗效应，执行控制会降低左侧额下回的激活，但金钱驱动组被试却存在更强的左侧额下回激活，这种结果很难通过动机匮乏来解释，在一定程度上与能量模型的观点相兼容(Luethi et al., 2016)。Schmeichel及其同事则以前额叶皮层的电活动模式为指标，检验了加工理论所延伸的“执行自我控制能够暂时性增强接近动机”假设。实验将被试随机分为两组，要求其以执行或不执行自我控制的方式完成书写任务，随后观看能够诱发积极、消极或中性情绪的图片，并记录其EEG活动。研究发现，执行自我控制能够显著增强观看图片时左侧前额叶皮层的活动，且这种效应在高接近特质被试身上和积极图片观看条件下更为明显，进而证实了执行自我控制能够暂时增强趋近动机(Schmeichel, Crowell, & Harmon-Jones, 2016)。Wagner及其同事则发现，负性情境下自我损耗组个体存在更强的左侧杏仁核激活，且左侧杏仁核与腹内侧前额叶皮层之间的功能连接更弱(Wagner & Heatherton, 2013)；自我损耗状态下的节食者观看食物线索时存在更强的眶额叶皮层激活，同时眶额叶皮层与额下回的功能联结变弱(Wagner et al., 2013)。这种结果证实了自我损耗通过降低认知控制脑区与编码奖励或情绪价值脑区的联结，降低个体抵制诱惑的能力进而导致自我控制失败。

未来研究应加大不同脑成像技术的使用，并深入考察负责认知控制、奖励编码和情绪加工的诸多脑区在自我控制失败现象中的作用及彼此之间的功能链接，可以尝试从以下三方面开展研究。首先，新近获得较多广泛应用的多体素模式分析(multi-voxel pattern analysis, MVPA)能够实现对多个脑区激活及彼此之间连接信息的同步检测，并利用整合后的综合信息来预测个体的实际行为(Norman, Polyn, Detre, & Haxby, 2006)，因此比较适合于解答自我损耗现有研究中的脑机制问题(张蔚，张振，高宇，段华平，吴兴南，2016)。其次，高时间分辨率的脑电技术可以提供认知加工过程动态分离的时程证据，在自我控制失败研究中同样具有较广的适用性与实践意义。诸如，事件相关电位(event-related potential, ERP)研究发现自我控制损耗状态下被试存在更弱的错误相关负波(error-related negativity, ERN)，表明前扣带回的冲突检测功能受损(Inzlicht & Gutsell, 2007)。窦凯等人(2014)采用延迟折扣任务发现，高损耗者比低损耗者在左侧额区诱发更负的N1成分，在右半球存在更大的P2成分，这些结果表明自我损耗促进个体采用直觉启发式进行冲动决策。最后，当前自我控制失败的神经生理研究仍以fMRI和ERP两种常见的技术为主，而其他技术方法(如rTMS、tDCS)的应用则比较匮乏，其中rTMS和tDCS能够有针对性的兴奋或抑制特定脑区的认知功能，更适合作出特定脑区所起功能的因果性论断，因此未来研究应多借助这两种技术开展研究(Emmerling et al., 2017; Figner et al., 2010)。

3.3 推动自我控制与社会决策行为的关系研究

人类是一种群居性动物, 个体在人际互动中需要克制自私欲望, 与他人建立一种公平与信任的人际关系才能实现良性和谐的社会生活状态。社会决策包含利他行为、公平行为、信任等多种形式, 现有研究已证实自我损耗状态能够调节个体的社会决策行为, 但两者关系的方向性仍存在较大分析。例如, 有研究发现自我损耗者在资产分配情境下更倾向于关注自我利益, 接受更多的不公平提议(Achtziger, Alós-Ferrer, & Wagner, 2016)。相反, 也有研究者发现自我损耗者在资产分配情境下更关注公平规范, 拒绝更多的不公平提议(Halali, Bereby-Meyer, & Meiran, 2014; Liu, He, & Dou, 2015)。那么, 社会互动情境中处于自我损耗状态的人们到底是更自私, 还是更利他呢? 笔者认为上述议题的关键在于回答: "社会相依情境下自私与利他何者为内隐自主的行为动机"。一方面, 有些研究者遵循理性人假设的观点, 强调自私自利是社会相依情境下个体行为方式的内在驱动力, 是默认优先的行为决策策略(Achtziger, Alós-Ferrer, & Wagner, 2015; Vohs, Baumeister, & Ciarocco, 2005; Capraro & Cococcioni, 2016)。例如, Achtziger 等(2015)发现, 自我损耗的个体在独裁者博弈中会表现出更多的自私性行为; Capraro 和 Cococcioni (2016)发现, 自我损耗操纵能够增加单次匿名囚徒困境博弈中的欺骗行为。另一方面, 新近有研究者提出亲社会的利他倾向是一种直觉性的社会启发式, 属于社会相依情境下的默认优势反应(Zaki & Mitchell, 2013; Rand et al., 2014; Rand, 2016)。Rand 等人(2014)通过 15 项研究发现, 时间压力条件下人们更倾向于选择合作行为; 随后基于 67 项研究的元分析结果也表明直觉条件下纯粹利他合作行为显著高于沉思条件(Rand, 2016)。因此, 未来研究仍需借助自我损耗范式, 检验社会互动情境下自利与利他何者为内隐的直觉启发式策略, 以期更清晰地阐明自我控制与社会决策行为的关系。

参考文献

窦凯, 聂衍刚, 王玉洁, 黎建斌, 沈汪兵. (2014). 自我损耗促进冲动决策: 来自行为和 ERPs 的证据. *心理学报, 46*, 1564−1579.

窦泽南, 方圆, 周伟, 乔志宏. (2017). 自我控制的奖励模型与神经机制. *心理科学进展, 25*, 86−98.

董蕊, 张力为, 彭凯平, 喻丰, 柴方圆. (2013). 自我损耗研究方法述评. *心理科学, 36*, 994−997.

冯缙. (2013). 自我控制的 "前额叶-皮质下平衡理论". *心理学探新, 33*, 205−208.

高科, 李琼, 黄希庭. (2012). 自我控制的能量模型: 证据、质疑和展望. *心理学探新, 32*, 110−115.

黎建斌, 聂衍刚, 曾敏霞, 窦凯. (2012). 自我控制失败的心理因素、神经表达及交互作用刍议. *华东师范大学学报: 教育科学版, 30*(4), 44−50.

李琼, 黄希庭. (2012). 自我控制: 内涵及其机制与展望. *西南大学学报: 社会科学版, 38*(2), 41−52, 173.

谭树华, 许燕, 王芳, 宋婧. (2012). 自我损耗: 理论, 影响因素及研究走向. *心理科学进展, 20*, 715−725.

于斌, 刘惠军, 乐国安. (2016). 工作记忆广度与自我损耗的关系. *心理与行为研究, 14*, 577−583.

张蔚, 张振, 高宇, 段华平, 吴兴南. (2016). 经济决策中人际信任博弈的理论模型与脑机制. *心理科学进展, 24*, 1780−1791.

Achtziger, A., Alós-Ferrer, C., & Wagner, A. K. (2015). Money, depletion, and prosociality in the dictator game. *Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics, 8*, 1−14.

Achtziger, A., Alós-Ferrer, C., & Wagner, A. K. (2016). The impact of self-control depletion on social preferences in the ultimatum game. *Journal of Economic Psychology, 53*, 1−16.

Baumeister, R. F., Bratslavsky, E., Muraven, M., & Tice, D. M. (1998). Ego depletion: Is the active self a limited resource? *Journal of Personality and Social Psychology, 74*, 1252−1265.

Baumeister, R. F., Vohs, K. D., & Tice, D. M. (2007). The strength model of self-control. Current *Directions in Psychological Science, 16*, 351−355.

Baumeister, R. F., & Vohs, K. D. (2016). Chapter two-strength model of self-regulation as limited resource: assessment, controversies, update. *Advances in Experimental Social Psychology, 54*, 67−127.

Berkman, E. T., & Miller-Ziegler, J. S. (2012). Imaging depletion: fMRI provides new insights into the processes underlying ego depletion. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 7*, 359−361.

Blanchfield, A., Hardy, J., & Marcora, S. (2014). Non-conscious visual cues related to affect and action alter perception of effort and endurance performance. *Frontiers in Human Neuroscience, 8*, 967.

Capraro, V., & Cococcioni, G. (2016). Rethinking spontaneous giving: Extreme time pressure and ego-depletion favor self-regarding reactions. *Scientific Reports, 6*, 27219.

Carter, E. C., Kofler, L. M., Forster, D. E., & McCullough,

M. E. (2015). A series of meta-analytic tests of the depletion effect: Self-control does not seem to rely on a limited resource. *Journal of Experimental Psychology: General, 144*, 796−815.

Dang, J. H., Xiao, S. S., & Dewitte, S. (2014). Self-control depletion is more than motivational switch from work to fun: the indispensable role of cognitive adaptation. *Frontiers in Psychology, 5*, 933.

Demos, K. E., Heatherton, T. F., & Kelley, W. M. (2012). Individual differences in nucleus accumbens activity to food and sexual images predict weight gain and sexual behavior. *Journal of Neuroscience, 32*, 5549−5552.

Emmerling, F., Martijn, C., Alberts, H. J., Thomson, A. C., David, B., Kessler, D.,... Sack, A. T. (2017). The (non-) replicability of regulatory resource depletion: A field report employing non-invasive brain stimulation. *PLoS One, 12*, e0174331.

Evans, D. R., Boggero, I. A., & Segerstrom, S. C. (2015). The nature of self-regulatory fatigue and "ego depletion" lessons from physical fatigue. *Personality and Social Psychology Review, 20*, 482−485.

Feng, C. L., Luo, Y. J., & Krueger, F. (2015). Neural signatures of fairness‐related normative decision making in the ultimatum game: A coordinate-based meta-analysis. *Human Brain Mapping, 36*, 591−602.

Figner, B., Knoch D., Johnson, E. J., Krosch, A., Lisanby, S. H., Fehr, E., & Weber, E. U. (2010). Lateral prefrontal cortex and self-control in intertemporal choice. *Nature Neuroscience, 13*, 538−539.

Friese, M., Binder, J., Luechinger, R., Boesiger, P., & Rasch, B. (2013). Suppressing emotions impairs subsequent stroop performance and reduces prefrontal brain activation. *PLoS One, 8*, e60385.

Gailliot, M. T., Baumeister, R. F., DeWall, C. N., Maner, J. K., Plant, E. A., Tice, D. M.,... & Schmeichel, B. J. (2007). Self-control relies on glucose as a limited energy source: Willpower is more than a metaphor. *Journal of Personality and Social Psychology, 92*(2), 325−326.

Hagger, M. S., Wood, C., Stiff, C., & Chatzisarantis, N. L. (2010). Ego depletion and the strength model of self-control: A meta-analysis. *Psychological Bulletin, 136*, 495−525.

Halali, E., Bereby-Meyer, Y., & Meiran, N. (2014). Between self-interest and reciprocity: The social bright side of self-control failure. *Journal of Experimental Psychology General, 143*, 745−754.

Heatherton, T. F., & Wagner, D. D. (2011). Cognitive neuroscience of self-regulation failure. *Trends in Cognitive Sciences, 15*, 132−139.

Hofmann, W., Friese, M., & Strack, F. (2009). Impulse and self-control from a dual-systems perspective. *Perspectives on Psychological Science, 4*, 162−176.

Inzlicht, M., & Gutsell, J. N. (2007). Running on empty: Neural signals for self-control failure. *Psychological Science, 18*, 933−937.

Inzlicht, M., & Schmeichel, B. J. (2012). What is ego depletion? Toward a mechanistic revision of the resource model of self-control. *Perspectives on Psychological Science, 7*, 450−463.

Inzlicht, M., Schmeichel, B. J., & Macrae, C. N. (2014). Why self-control seems (but may not be) limited. *Trends in Cognitive Sciences, 18*, 127−133.

Inzlicht, M., & Marcora, S. M. (2016). The central governor model of exercise regulation teaches us precious little about the nature of mental fatigue and self-control failure. *Frontiers in Psychology, 7*, 656.

Job, V., Walton, G. M., Bernecker, K., & Dweck, C. S. (2013). Beliefs about willpower determine the impact of glucose on self-control. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 110*, 14837−14842.

Koscik, T. R., & Tranel, D. (2011). The human amygdala is necessary for developing and expressing normal interpersonal trust. *Neuropsychologia, 49*(4), 602−611.

Kurzban, R. (2010). Does the brain consume additional glucose during self-control tasks?. *Evolutionary Psychology, 8*, 244−259.

Lawrence, N. S., Hinton, E. C., Parkinson, J. A., & Lawrence, A. D. (2012). Nucleus accumbens response to food cues predicts subsequent snack consumption in women and increased body mass index in those with reduced self-control. *Neuroimage, 63*, 415−422.

Lee, N., Chatzisarantis, N., & Hagger, M. S. (2016). Adequacy of the sequential-task paradigm in evoking ego-depletion and how to improve detection of ego-depleting phenomena. *Frontiers in Psychology, 7*, 136.

Liu, Y., He, N., & Dou, K. (2015). Ego-depletion promotes altruistic punishment. *Open Journal of Social Sciences*, *3*(11), 62−69.

Lopez, R. B., Hofmann, W., Wagner, D. D., Kelley, W. M., & Heatherton, T. F. (2014). Neural predictors of giving in to temptation in daily life. *Psychological Science, 25*, 1337−1344.

Lopez, R. B., Milyavskaya, M., Hofmann, W., & Heatherton, T. F. (2016). Motivational and neural correlates of self-control of eating: A combined neuroimaging and experience sampling study in dieting female college students. *Appetite, 103*, 192−199.

Luethi, M. S., Friese, M., Binder, J., Boesiger, P., Luechinger, R., & Rasch, B. (2016). Motivational incentives lead to a strong increase in lateral prefrontal activity after self-control exertion. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 11*,

1618−1626.

Norman, K. A., Polyn, S. M., Detre, G. J., & Haxby, J. V. (2006). Beyond mind-reading: Multi-voxel pattern analysis of fMRI data. *Trends in Cognitive Sciences, 10*, 424−430.

Phelps, E. A., Lempert, K. M., & Sokol-Hessner, P. (2014). Emotion and decision making: Multiple modulatory neural circuits. *Annual Review of Neuroscience, 37*, 263−287.

Rand, D. G., Peysakhovich, A., Kraft-Todd, G. T., Newman, G. E., Wurzbacher, O., Nowak, M. A., & Greene, J. D. (2014). Social heuristics shape intuitive cooperation. *Nature Communications, 5*, 3677.

Rand, D. G. (2016). Cooperation, fast and slow meta-analytic evidence for a theory of social heuristics and self-interested deliberation. *Psychological Science, 27*, 1192−1206.

Rapuano, K. M., Huckins, J. F., Sargent, J. D., Heatherton, T. F., & Kelley, W. M. (2016). Individual differences in reward and somatosensory-motor brain regions correlate with adiposity in adolescents. *Cerebral Cortex, 26*, 2602−2611.

Rooke, S. E., Hine, D. W., & Thorsteinsson, E. B. (2008). Implicit cognition and substance use: A meta-analysis. *Addictive behaviors, 33*, 1314−1328.

Scheele, D., Mihov, Y., Kendrick, K. M., Feinstein, J. S., Reich, H., Maier, W., & Hurlemann, R. (2012). Amygdala lesion profoundly alters altruistic punishment. *Biological Psychiatry, 72*, e5−e7.

Schmeichel, B. J., Crowell, A., & Harmon-Jones, E. (2016). Exercising self-control increases relative left frontal cortical activation. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 11*, 282−288.

Somerville, L. H., Jones, R. M., & Casey, B. J. (2010). A time of change: Behavioral and neural correlates of adolescent sensitivity to appetitive and aversive environmental cues. *Brain and Cognition, 72*, 124−133.

Vadillo, M. A., Gold, N., & Osman, M. (2016). The bitter truth about sugar and willpower: The limited evidential value of the glucose model of ego depletion. *Psychological Science, 27*, 1207−1214.

Van Honk, J., Eisenegger, C., Terburg, D., Stein, D. J., & Morgan, B. (2013). Generous economic investments after basolateral amygdala damage. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 110*, 2506−2510.

Vohs, K. D., Baumeister, R. F., & Ciarocco, N. J. (2005). Self-regulation and self-presentation: Regulatory resource depletion impairs impression management and effortful self-presentation depletes regulatory resources. *Journal of Personality and Social Psychology, 88*, 632−657.

Wagner, D. D., & Heatherton, T. F. (2013). Self-regulatory depletion increases emotional reactivity in the amygdala. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 8*, 410−417.

Wagner, D. D., Altman, M., Boswell, R. G., Kelley, W. M., & Heatherton, T. F. (2013). Self-regulatory depletion enhances neural responses to rewards and impairs top-down control. *Psychological Science, 24*, 2262−2271.

Zaki, J., & Mitchell, J. P. (2013). Intuitive prosociality. *Current Directions in Psychological Science, 22*(6), 466−470.

The theoretical framework and neural mechanisms of self-control failure

DONG Jun[1]; FU Shuying[1]; LU Shan[1]; YANG Shaofeng[1]; QI Chunhui[2]

([1] *Academy of Psychology and Behavior, Tianjin Normal University, Key Research Base of Humanities and Social Sciences of the Ministry of Education, Tianjin* 300074, *China*)

([2] *Quzhou Secondary Technical School, Quzhou* 32400, *China*)

Abstract: Self-control refers to the mental processes that ensure people to overcome thoughts and emotions, thus enabling behavior to vary adaptively from one situation to another. While self-control plays an important role on individual’s well-being, the failure of self-control is one of the key problems of human society. Based on the sequential-task paradigm, researchers have explored the cognitive mechanisms of self-control failure and have proposed multiple theories such as the strength model, the process model, the central governor model and the prefrontal-subcortical balance model of self-regulation. In the field of neuroimaging studies, the researchers have identified the involvement of several brain regions, including inferior frontal gyrus, amygdala, orbitofrontal cortex, dorsolateral prefrontal cortex and nucleus accumbens. In the future, the researchers should emphasize the integration of different theories, strengthen the neural mechanisms associated with self-control failure, and explore the relationship between self-control failure and social behaviors.

Key words: self-control failure; theoretical model; neural mechanism.